

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
28. Juli 2005 (28.07.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2005/067365 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
**Nicht klassifiziert**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/000554

(22) Internationales Anmeldedatum:  
17. Januar 2005 (17.01.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2004 002 450.2 16. Januar 2004 (16.01.2004) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**

[DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).  
**ICOS VISION SYSTEMS N.V.** [BE/BE]; Research Park  
Haasrode, Zone 1, Esperantolaan 8, B-3001 Heverlee  
(BE).

(72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **GERHARD, Detlef**  
[DE/DE]; Hanikstrasse 40, 81829 München (DE).  
**RENNER, Martin** [DE/DE]; Hauptstrasse 18, 82008  
Unterhaching (DE).

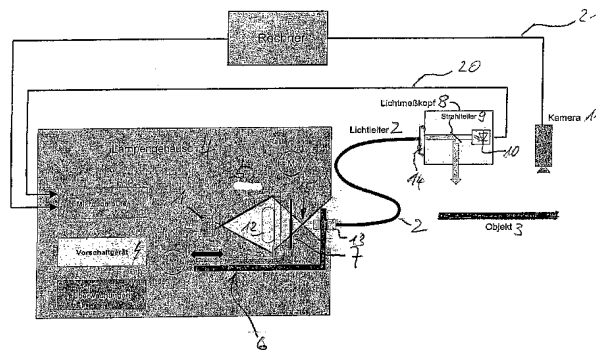
(74) Anwälte: **QUINTELIER, Claude** usw.; Gevers & Vander  
Haeghen, Holidaystraat 5, B-1831 Diegem (BE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ILLUMINATION UNIT AND METHOD FOR THE OPERATION THEREOF

(54) Bezeichnung: BELEUCHTUNGSEINHEIT UND VERFAHREN ZU DEREN BETRIEB



A... COMPUTER  
B... MICROCOMPUTER  
C... BALLAST  
D... MONITORING  
E... GRID SCREEN  
2... OPTICAL WAVEGUIDE  
3... OBJECT  
5... REFLECTOR  
6... PHOTOMETRIC HEAD  
9... BEAM SPLITTER  
11... CAMERA

(57) **Abstract:** The invention relates to an illumination unit comprising a high-power light source (1), a first optical element (12) for focussing the light emitted from the high-power light source (1), a photometric head (8) for the pre-determinable illumination of an object (3), an optical waveguide (2) for transmitting the emitted and focussed light to the photometric head (8), and a displacement unit (6) for varying the axial distance between the high-power light source (1) with the first optical element (12) and the inlet of the optical waveguide. The cross-sectional surface of the focal point is at least twice as large as the cross-sectional surface of the optical waveguide (2) on the light input side, and the intensity of the light coupled into the optical waveguide (2) can be varied by axial displacement of the high-power light source (1).

(57) **Zusammenfassung:** Beleuchtungseinheit mit einer Hochleistungs-Lichtquelle (1), einer ersten Optik (12) zur Fokussierung des von der Hochleistungs-Lichtquelle (1) ausgesandten Lichts, einem Lichtmesskopf (8) zur vorgebbaren Beleuchtung eines Objektes (3), einem Lichtleiter (2) zur Übertragung des ausgesandten und fokussierten

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2005/067365 A2



CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— ohne internationalen Rechenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

**(84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Lichts zum Lichtmesskopf (8), einer Verschiebeeinheit (6) zur Variation des axialen Abstands der Hochleistungs-Lichtquelle (1) mit erster Optik (12) vom Lichtleiter eintritt, wobei die Querschnittsfläche des Fokus minimal doppelt so gross ist wie die Querschnittsfläche des Lichtleiters (2) an der Lichteintrittsseite und durch axiale Verschiebung der Hochleistungs-Lichtquelle (1) die Intensität des in den Lichtleiter (2) eingekoppelten Lichts variierbar ist.

## Beschreibung

### Beleuchtungseinheit und Verfahren zu deren Betrieb

Die Erfindung betrifft eine Beleuchtungseinheit, die mit einer Hochleistungs-Lichtquelle zur Inspektion von Objektoberflächen betrieben wird.

Für die optische Inspektion von dunklen Objektoberflächen, wie auch für die Erzeugung von hohen Vergrößerungen oder für Prozesse mit wesentlichen Inspektionsgeschwindigkeiten werden Lichtquellen mit einer hohen Lichtintensität benötigt. Um ein ausreichend belichtetes, qualitativ hochwertiges Bild einer Objektoberfläche zu erhalten, muss mittels einer Kamera eine Objektoberfläche aufgenommen werden, die möglichst gleichmäßig und mit ausreichender Lichtintensität beleuchtet wird.

Es ist zu beachten, dass eine Lichtquelle einer derartigen Beleuchtungseinheit in der Regel altert. Das heißt, dass die Lampe bei gleichen eingangsseitigen Versorgungsparametern dunkler wird. Damit würde eine automatische Inspektion von Objektoberflächen Bilder von schlechterer Qualität erzeugen, die nur schwer zu bewerten sind.

Bisher bekannte Systeme variieren die Lichtleistung einer Lichtquelle, beispielsweise durch Dimmen der elektrischen Versorgungsleistung. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Verwendung einer Blende zwischen Lichtquelle und Objekt.

Nachteile bei der Verwendung von Hochleistungs-Lichtquellen bestehen darin, dass diese nicht auf der Eingangsseite elektrisch dimmbar sind und auch ausgangsseitig derart hohe Lichtenergien zur Verfügung stellen, dass diese mit den Wärmebelastungen von zusätzlich in den Strahlengang eingebrachten Elementen nicht kompatibel sind.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Hochleistungsbeleuchtung für Inspektionsaufgaben an Objektoberflächen zur Verfügung zu stellen, die eine gleichmäßige Beleuchtung von Objekten mit hoher Lichtintensität gewährleisten. Weiterhin ist ein Betriebsverfahren anzugeben.

Die Lösung dieser Aufgabe geschieht durch die jeweilige Merkmalskombination von Anspruch 1 bzw. Anspruch 10. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

)

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass die Lichtintensität am Ausgang einer Beleuchtungseinheit derart gedimmt werden kann, dass eine homogene Objektbeleuchtung mit vorgegebener Lichtintensität einstellbar ist, indem der Lichtstrahlengang einer Hochleistungs-Lichtquelle mittels einer ersten Optik fokussiert wird, der Lichtstrahlengang in einen Lichtleiter eingekoppelt wird, wobei die Querschnittsfläche des Fokus minimal doppelt so groß ist wie die Querschnittsfläche des Lichtleiters, das Licht über den Lichtleiter zu einem Lichtmesskopf und von dort weiter zu einem Objekt geleitet wird und durch axiale Variation des Abstands zwischen Lichtquelle und Lichteintrittsfläche des Lichtleiters die Lichtleistung am Objekt einstellbar ist. Dabei ist die Lichtverteilung auf der Objektfläche homogen. Dies begründet sich darin, dass die Hochleistungs-Lichtquelle bzw. deren Lichtemission oder Lichtstrahlengang etwa koaxial ausgerichtet ist zu dem Anfangsbereich des Lichtleiters. Außerdem ist die Querschnittsfläche des Fokus derart ausgelegt, dass sie die Eintrittsfläche des Lichtleiters wesentlich überdeckt, d. h. mindestens zweifach so groß ist. Bei insgesamt konzentrisch ausgebildeten Verhältnissen fällt somit das Licht in die Eintrittsfläche des Lichtleiters, welches dem Kern des Lichtstrahlengangs der Hochleistungs-Lichtquelle entspricht. Dies eliminiert Inhomogenitäten bei der Beleuchtung. Die Dimmung der Lichtintensität ergibt sich daraus, dass beispielsweise bei der Vergrößerung des Abstands der Hochleistungs-Lichtquelle vom Eintrittsbereich des Lichtquel-

- lenleiters die Eintrittsfläche des Lichtleiters aus dem Fokus des Lichtstrahlengangs herausgefahren wird. Dies ist gleichbedeutend mit einem sich vergrößernden Beleuchtungsfleck an der Stelle der Eintrittsfläche für den Lichtleiter. Daraus
- 5 resultiert wiederum, dass ein entsprechend geringerer Anteil der gesamten Beleuchtungsintensität der Hochleistungs-Lichtquelle in den Lichtleiter eingekoppelt wird und die Lichtleistung entsprechend festlegbar ist.
- 1) Die Beleuchtungseinheit besteht dabei aus einem Gehäuse, einer Verschiebeeinheit für die Hochleistungs-Lichtquelle zusammen mit der ersten fokussierenden Optik und einem Lichtleiter für die Übertragung des Lichtes zum Objekt.
- 2) Dabei ist es vorteilhaft, weiterhin eine Möglichkeit zum Einfahren von Filtern oder Blenden in den Lichtstrom vorzusehen. Ebenso ist der Einsatz eines lichtempfindlichen Sensors, beispielsweise an einem ausgekoppelten Strahlengang zur über die bloße Einstellung der Lichtintensität hinausgehenden Regelung der Lichtintensität verwendbar. Die Regelung wird entsprechend über eine elektronische Einheit überwacht.

Es ist vorteilhaft, eine weitere zweite Optik am Eingang des Lichtwellenleiters und eine weitere dritte Optik am Eingang oder am Ausgang eines Lichtmesskopfes vorzusehen, wobei jeweils die genaue Abstimmung der optischen Übergänge in oder aus dem Lichtleiter angepasst werden.

Somit wird zum Dimmen der Beleuchtung beim Einsatz einer Hochleistungs-Lichtquelle der Abstand zwischen Lichtleiter-eintritt und Lichtquelle variiert. Dies ist gleichbedeutend mit einer Vergrößerung, da in der Praxis ein zu geringer Abstand zwischen Lichtleiter und Hochleistungs-Lichtquelle aufgrund von hohen Wärmebelastungen nicht erwünscht ist. Die Variation des Abstandes des Fokusbereichs des Lichtstrahlengangs von der Eintrittsfläche des Lichtleiters verändert direkt die in den Lichtleiter eingekoppelte Lichtmenge.

Werden beispielsweise bestimmte Farbspektren gewünscht, so können entsprechende Filter in den Strahlengang eingebracht werden. Soll eine bestimmte zusätzliche Reduzierung der Lichtleistung erfolgen, so wird eine Siebblende zum Dimmen in den Strahlengang eingebracht.

Die Regelung der Helligkeit bei der Beleuchtung einer Oberfläche geschieht über ein Rückführungssignal, welches mit Hilfe eines Fotodetektors, der an einer beliebigen Stelle hinter dem Lichtleiteraustritt die Lichtintensität misst. Das Sensorsignal wird auf eine Regelelektronik geführt. Die Regelung verfährt die Lampe derart, dass Soll- und Istwert in Übereinstimmung gebracht werden.

Im Folgenden werden anhand von schematischen die Erfindung nicht einschränkenden Figur ein Ausführungsbeispiel beschrieben.

Die Figur zeigt eine Beleuchtungseinheit bestehend aus einem Lampengehäuse mit einer Hochleistungs-Lichtquelle, einem Lichtleiter, einem Lichtmesskopf, der ein Objekt beleuchtet und elektrischen oder elektronischen Einheiten zur Versorgung bzw. zur Steuerung des Systems.

Die Figur zeigt insbesondere eine Vorrichtung zur gleichmäßigen Beleuchtung eines Objektes 3 mit gleichzeitiger Regelungsmöglichkeit. Unter gleichmäßiger Beleuchtung wird eine homogene Lichtverteilung verstanden, so dass über die Fläche, beispielsweise keine Helligkeitsschwankungen ausgehend von der Beleuchtungsseite vorhanden sind. Ein wesentlicher Vorteil besteht in der durch die Regelung eliminierbaren negativen Einflüsse von Alterungsprozessen der Hochleistungs-Lichtquelle.

Weitere Vorteile resultieren aus dem Einsatz von Metallhalogenid-Gasentladungs-Lichtquellen und ebenfalls aus dem Ein-

satz eines Flüssig-Lichtleiters. Der flüssige Lichtleiter dient zur besseren Kühlung, da herkömmliche Lichtleiter, beispielsweise aus Kunststoff, keinen hohen Wärmebelastungen Stand halten. Mittels des Einsatzes von zusätzlichen Optikelementen wie zweiter Optik 13 und dritter Optik 14 lassen sich Feinabstimmungen unter verschiedenen Elementen der Beleuchtungseinheit vornehmen.

Im Gehäuse 4 ist als Hauptelement die Hochleistungs-Lichtquelle 1 enthalten. Diese Lichtquelle kann beispielsweise mit einem Reflektor 5 versehen sein. Mittels einer ersten Optik 12 wird das aus der Hochleistungs-Lichtquelle 1 emittierte Licht fokussiert, so dass ein Fokusbereich 15 vorhanden ist. Weiterhin sind im Gehäuse 4 Versorgungselemente und Regelungs- und Überwachungselemente vorhanden wie beispielsweise ein Mikrocomputer, ein Vorschaltgerät oder andere Überwachungseinheiten. Eine Verschiebeeinheit 6 weist entsprechend der Figur ein L-förmig ausgebildetes Stativ auf, dessen längerer Schenkel waagerecht positioniert ist und welches sowohl das eingangsseitige Ende des Lichtleiters 2 bzw. eine zweite Optik 13 fixiert als auch eine über einen Motor M verfahrbare Verstelleinrichtung, die dazu dient, die Hochleistungs-Lichtquelle 1 bzw. den entsprechenden Fokus axial relativ zu der Lichteintrittsfläche des Lichtleiters zu verschieben. Eine Motorsteuerung liegt ebenfalls für die Positionierung von Filtern oder Blenden 7 vor.

Das in den Lichtleiter 2 eingekoppelte Licht wird am anderen Ende des Lichtleiters 2 direkt oder über eine dritte Optik 14 in den Lichtmesskopf eingekoppelt, über einen Strahlteiler in den Beleuchtungsstrahl, der auf das Objekt 3 gerichtet ist, und einen Seitenast aufgeteilt, um einem Fotosensor 10 zugeführt zu werden. Die dritte Optik 14 kann sowohl eingangsseitig am Lichtmesskopf 8 als auch ausgangsseitig angebracht sein.

Mittels des ersten Regelkreises 20 lässt sich die Regelung der Beleuchtungsintensität, wie sie in der Figur beispielhaft im Lichtmesskopf detektiert wird, aufgrund dieses optoelektrischen Signals, welches vom Fotosensor 10 generiert wird, durchführen. Eine weitere Option besteht in der Verwendung des zweiten Regelkreises 21, wobei die Lichtmessung des Istwertes über die Kamera 11 geschieht, die ohnehin zu Inspektionsaufgaben an der Objektoberfläche verwendet wird. Im zweiten Fall zusätzlich der Einsatz eines Rechners zur Bildverarbeitung notwendig, wobei aus dem Detektionssignal für die Lichtintensität der Sollwert für den ersten Regelkreis abgeleitet wird.

Die in der Figur schematisch dargestellte Position des Fokuspunktes bzw. Fokusbereichs 15 gibt eine relative Stellung der Hochleistungs-Lichtquelle 1 in zurückgezogener Position wieder. Anders ausgedrückt bedeutet diese Stellung, dass der Fokus nicht in der Ebene der Eintrittsfläche des Lichtleiters 2 liegt, sondern axial zwischen Lichtleiter und Lichtquelle verschoben ist. Somit tritt nur ein relativ geringer Anteil der Lichtmenge in den Lichtwellenleiter 2 ein, da der an sich unveränderliche Querschnitt der Lichteintrittsfläche nur von einem sehr geringen Anteil des Gesamtlichtfleckes beleuchtet wird. Dies begründet sich darauf, dass der in der Ebene der Lichteintrittsfläche des Lichtwellenleiters 2 vorhandene Beleuchtungsfleck wesentlich größer ist als die Querschnittsfläche des Lichteintritts.

## Bezugszeichenliste

- 1 Hochleistungs-Lichtquelle
- 2 Lichtleiter
- 3 Objekt
- 4 Gehäuse
- 5 Reflektor
- 6 Verschiebeeinheit
- 7 Filter, Blende
- 8 Lichtmesskopf
- 9 Strahlteiler
- 10 Fotosensor
- 11 Kamera
- 12 Erste Optik
- 13 Zweite Optik
- 14 Dritte Optik
- 15 Fokusbereich
- 20 erster Regelkreis
- 21 zweiter Regelkreis
- M Motor

## Patentansprüche

1. Beleuchtungseinheit mit
  - einer Hochleistungs-Lichtquelle (1),
  - einer ersten Optik (12) zur Fokussierung des von der Hochleistungs-Lichtquelle (1) ausgesandten Lichts,
  - einem Lichtmesskopf (8) zur Beleuchtung eines Objektes (3) mit vorgegebenem Helligkeitswert,
  - einem Lichtleiter (2) zur Übertragung des ausgesandten und fokussierten Lichts zum Lichtmesskopf (8),
  - einer Verschiebeeinheit (6) zur Variation des axialen Abstands der Hochleistungs-Lichtquelle (1) mit erster Optik (12) vom Lichtleiter eintritt,
  - wobei die Querschnittsfläche des Fokus minimal doppelt so groß ist wie die Querschnittsfläche des Lichtleiters (2) an der Lichteintrittsseite und durch axiale Verschiebung der Hochleistungs-Lichtquelle (1) die Intensität des in den Lichtleiter (2) eingekoppelten Lichts variierbar ist.
2. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 1, bei der eine zweite Optik (13) an der Lichteintrittsseite des Lichtleiters (2) zur Anpassung der Lichtstrahlengänge außerhalb oder innerhalb des Lichtleiters (2) vorgesehen ist.
3. Beleuchtungseinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der eine dritte Optik (14) am Strahleneingang oder Strahlenausgang des Lichtmesskopfes (8) vorgesehen ist.
4. Beleuchtungseinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit der die Hochleistungs-Lichtquelle (1) eine Gasentladungs-Lichtquelle ist.
5. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 4, bei der die Gasentladungs-Lichtquelle eine Metallhalogenid-Lichtquelle ist.

6. Beleuchtungseinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der der Lichtleiter (2) aus einer Flüssigkeit besteht.
- 5 7. Beleuchtungseinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der unmittelbar hinter der ersten Optik (12) eine Vorrichtung zum Ein- bzw. Ausfahren von Filtern oder Blenden vorhanden ist.
- 3 8. Beleuchtungseinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der im Lichtmesskopf (8) ein Fotosensor (10) zur Detektion der Lichtstärke und/oder zur Regelung der Objektbeleuchtung vorhanden ist.
- 5 9. Beleuchtungseinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der zur Regelung der Objektbeleuchtung eine zur Objektaufnahme vorhandene Kamera (11) verwendbar ist.
10. Verfahren zum geregelten Betrieb einer Beleuchtungseinheit für die gleichmäßige Beleuchtung eines Objektes (3) mittels einer Hochleistungs-Lichtquelle (1), wobei das von der Hochleistungs-Lichtquelle (1) ausgesandte und fokussierte Licht über einen Lichtleiter (2) und einen Lichtmesskopf (8) mit einem Fotosensor (10) zum Objekt (3) geleitet wird, durch Variation des axialen Abstandes zwischen Hochleistungs-Lichtquelle (1) und Lichteintrittsfläche des Lichtleiters (2) jeweils eine veränderliche Lichtmenge in den Lichtleiter (2) eingekoppelt wird, die Querschnittsfläche des Lichtstrahlenganges im Fokus mindestens das doppelte beträgt wie die des Lichtleiters (2) an der Lichteintrittsseite und eine Regelung der Beleuchtung des Objektes (3) mittels des Fotosensors (10) geschieht.
11. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem zwischen Hochleistungs-Lichtquelle (1) und Lichtleitereintritt unterschiedliche Filter oder Blenden einfahrbar sind, so dass

der Lichtstrahlengang entsprechend konditionierbar ist.

- 5 12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11 , bei dem zur Regelung der Objektbeleuchtung zusätzlich ein Signal einer zur Objektaufnahme vorhandenen Kamera (11) verwendet wird.
- 0 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, bei dem durch den Einsatz eines Justierelementes an einem Objektträger die Helligkeit an diesem Element mittels einer Kamera gemessen wird, welche über den Regelkreis auf einen Sollwert der Helligkeit eingestellt wird, wobei der über den Lichtmesskopf gemessene Wert als neuer Sollwert für den ersten Regelkreis der Beleuchtung eingesetzt wird, bis von der Kamera ein neuer Wert vorgegeben wird.

*Figur*

